

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-4-308-314>

Поступила 13.11.2021

Поступила после рецензирования 20.12.2021

Принята в печать 25.12.2021

© Рубан А. А., Новикова (Захарова) М. В., Лоскутов С. И., Костин А. А., 2021



<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

ВЛИЯНИЕ ЭМУЛЬСИЙ ЖИРА ЛИЧИНОК ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ (*HERMETIA ILLUCENS*) НА ВСХОЖЕСТЬ И ЭНЕРГИЮ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ГОРОХА ПОСЕВНОГО (*PISUM SATIVUM L.*)

Рубан А. А., Новикова (Захарова) М. В., Лоскутов С. И., Костин А. А.

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок, Санкт-Петербург, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

всхожесть, энергия прорастания, горох, личинки Черной львинки (*Hermetia illucens*), жир насекомых, эмульсии

АННОТАЦИЯ

Различные масла, жиры и эмульгаторы в составе препаратов для обогащения почвы или защиты растений могут оказывать существенное влияние на всхожесть и развитие семян гороха. Жир личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) может быть использован в качестве носителя для пестицидов, а также с целью повышения устойчивости семян к заражению грибом и насекомыми в процессе хранения и прорастания. Исходя из этого, целью работы было определение влияния жира насекомых в виде эмульсии на прорастание семян гороха сорта «Родник», в зависимости от типа эмульгатора или стабилизатора. Было определено, что использование 0,3 масс.% ксантановой камеди в качестве стабилизатора эмульсии жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) значительно увеличивает количество взошедших семян и энергию прорастания всходов. Использование 1–5 масс.% Tween 20 в качестве эмульгатора жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) привело к ингибированию роста семян. Лецитин, казеинат натрия и микроцеллюлоза с добавкой жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) также снизили всхожесть и прорастание семян гороха (*Pisum sativum L.*)

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Работа выполнена в рамках проведения исследований по государственному заданию № 2585–2019–0044 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 13.11.2021

Accepted in revised 20.12.2021

Accepted for publication 25.12.2021

© Ruban A. A., Novikova (Zakharova) M. V., Loskutov S. I., Kostin A. A., 2021

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

AN EFFECT OF FAT EMULSIONS OF BLACK SOLDIER FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) LARVAE ON THE GERMINATION CAPACITY AND ENERGY OF SPROUTING OF PEA (*PISUM SATIVUM L.*) SEEDS

Albina A. Ruban, Mariia V. Novikova (Zakharova), Svyatoslav I. Loskutov, Anton A. Kostin

All-Russian Research Institute for Food Additives, Russia

KEY WORDS:

germination capacity, energy of sprouting, pea, black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae, insect fat, emulsions

ABSTRACT

Various oils, fats and emulsifiers in the composition of preparations for soil enrichment or plant protection can have a significant effect on the germination capacity and energy of sprouting of pea seeds. Fat of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae can be used as a pesticide carrier as well as for increasing seed resistance to contamination with fungi and insects during storage and sprouting. Therefore, the aim of the study was to determine an effect of insect fat in a form of an emulsion on sprouting of pea seeds of the variety “Rodnik” depending on a type of an emulsifier or stabilizer. It was found that the use of 0.3 weight% of xanthan gum as a stabilizer for fat emulsion of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae significantly increased the number of germinated seeds and the energy of seed sprouting. The use of 1–5 weight% of Tween 20 as an emulsifier for fat of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae led to inhibition of seed growth. Lecithin, sodium caseinate and microcellulose with addition of fat of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae also decreased the germination capacity and sprouting of pea seeds (*Pisum sativum L.*)

FUNDING: The article was published as part of the research topic foundation for scientific research No. 2585–2019–0044 of the state assignment of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

1. Введение

Объем сборов гороха в России, по данным экспертно-аналитического центра агробизнеса «АБ-центр», в 2019 году составил 2369,5 тыс. тонн и продолжает расти в среднем на 3–5% в год [1]. Более того, Россия является вторым по объ-

ему мировым экспортером гороха, занимая долю 10,4% от всех мировых поставок. Горох (*Pisum sativum L.*) выращивают не только как овощную, кормовую и зерновую культуру, но и используют в качестве сидерата, который улучшает структуру и состав почвы, тем самым подготавливая ее к посеву

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Рубан, А. А., Новикова (Захарова), М. В., Лоскутов, С. И., Костин, А. А. (2021). Влияние эмульсий жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) на всхожесть и энергию прорастания семян гороха посевного (*Pisum sativum L.*). *Пищевые системы*, 4(4), 308–314. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-4-4-308-314>

FOR CITATION: Ruban, A. A., Novikova (Zakharova), M. V., Loskutov, S. I., Kostin, A. A. (2021). An effect of fat emulsions of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae on the germination capacity and energy of sprouting of pea (*Pisum sativum L.*) seeds. *Food systems*, 4(4), 308–314. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-4-308-314>

и посадке других сельскохозяйственных культур. Тем не менее урожайность гороха нестабильна и может сильно понижаться в зависимости от условий окружающей среды, по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами, особенно зерновыми [2].

Одним из важнейших процессов, влияющих на количество и качество урожая, является прорастание семян, которое связано со многими метаболическими, клеточными и молекулярными процессами, координируемыми сложной регуляционной сетью. Исследование прорастания *in vitro* является полезным биотехнологическим инструментом для фундаментальных исследований, сохранения растений, создания модельных систем, необходимых для определения стратегии улучшения роста и развития культур. Модельные системы способны быть предиктором развития растений *in vivo*, так как на прорастание в этих системах оказывают влияние те же факторы.

Семена гороха (*Pisum sativum* L.) могут подвергаться различным негативным воздействиям, влияющим на их прорастание, например, заболеваемости грибками, атаке насекомых в процессе хранения, а также влиянию различных веществ, находящихся в почве, например, удобрений или пестицидов [3]. Для защиты семян во время прорастания могут быть использованы вещества, имеющие антимикробную и антигрибковую активность. Большинство химических пестицидов способны накапливаться в почве и органах растений, что приводит к возникновению негативных эффектов для окружающей среды, а из-за превышения допустимой концентрации веществ требуется ужесточение контроля за их использованием [4]. В качестве альтернативы химическим пестицидам может быть предложено применение природных антимикробных агентов, одним из которых является жир личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*). Его основным компонентом является лауриновая кислота, которая обладает антимикробной активностью против большого количества бактерий и грибов [5]. По составу и качеству жир личинок Черной львинки имеет сходства с кокосовым и пальмовым маслами, а за счет антибактериального действия этого жира семя в процессе прорастания может быть защищено от негативного воздействия грибов, когда высокая влажность среды приводит к увеличению активности микроорганизмов [6,7].

Жиры и масла обладают более низкой плотностью по сравнению с водой, что может привести к образованию масляной пленки на поверхности жидкости. Более равномерного распределения жира в воде можно достичь с помощью приготовления эмульсий, которые являются термодинамически нестабильными системами и требуют применения эмульгатора или загустителя для повышения их стабильности. В качестве эмульгаторов могут использоваться различные химические и природные агенты, такие как лаурилсульфат натрия, полисорбат-20 (Tween 20), полисорбат-80 (Tween 80), лецитин, белки и полисахариды. Эмульгаторы могут приводить как к стимулированию, так и к ингибированию роста растений в зависимости от концентрации и вида эмульгатора. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) могут увеличивать адсорбцию воды семенами и иметь специфические мембранные характеристики [8]. Из литературы известно, что анионные ПАВ (лаурилсульфат натрия) более токсичны, чем неионогенные (Tween 20) [9]. Использование Tween 20 или Tween 80 концентрацией до 0,4 масс.% привело к стимулированию роста семян [10]. Лецитин в небольшой концентрации 0,75–2 г/л может защищать растения как фунгицид [11]. Биополимеры, кроме своей способности к эмульгированию или стабилизации эмульсий, изменяют состав и плотность среды для проращивания, что может

привести к более эффективному захвату воды растениями, а также увеличить уровень всхожести и ускорить рост растений [12].

Анализ литературы показал, что большинство исследований посвящены нанесению масла на семена и определению влияния такого покрытия на хранение, всхожесть и развитие растений. Масла горчицы, нима, абрикоса или оливок снизили заболеваемость растений грибом в процессе прорастания [13]. Известно, что обработка различными растительными маслами защитила семена гороха от порчи насекомыми в процессе хранения [14]. Тем не менее такая обработка снизила всхожесть семян в среднем на 2%. Снижение всхожести на 4–6% так же наблюдалось при использовании кокосового, пальмового и арахисового масла, по сравнению с контрольной группой, где обработка маслом не проводилась. Обработка семян пшеницы может снизить всхожесть на 20–50%, по сравнению с семенами бобовых [15]. Это может быть связано с различием в строении зерна: семена пшеницы имеют зародыш снаружи семени, поэтому обработка маслом может влиять на зародышевый центр, снижая количество проросших семян. Ранее не было установлено, что масло проникает через оболочку семян бобовых [16]. В тоже время масла не влияют на паропроницаемость семян и не снижают поглощение ими влаги. Распыление рыбьего жира 1–2% на проросшие в течение недели месяца стебли манго привело к ускорению роста растений, по сравнению с контрольным образцом [17]. С другой стороны, рыбий жир повышает секрецию цитокинина — фермента, стимулирующего деление клеток и отвечающего за иммунитет растений, тем самым увеличивая сопротивляемость растения к заражению грибками [18].

С целью снижения негативного влияния масла, а также предотвращения образования масляной пленки на поверхности семени возможно приготовление прямой эмульсии масла для использования в качестве среды для проращивания. Исходя из этого, целью работы было определение влияния эмульсий жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) на всхожесть и энергию прорастания семян.

2. Материалы и методы

Для приготовления эмульсий использовали: жир личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) производства ООО «ЭКО-БЕЛОК» (Россия), лецитин производства ООО «ВИТАПРОМ» (Россия), Tween 20 производства Sigma-Aldrich (США), казеинат натрия производства ООО «Бригантина» (Россия), микроцеллюлоза производства СHEMAPOЛ (Чехия), ксантановая камедь производства «Кевико Интернешнл Лтд» (Китай), рыбий жир производства ООО «Тульская фармацевтическая фабрика» (Россия), фульвовая кислота, предоставленная ФГБНУ «Институт озераведения» РАН, семена гороха (*Pisum sativum* L.) сорта «Родник», предоставленные ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур».

Составы растворов/эмульсий для обработки семян представлены в Таблице 1. В качестве растворителя/дисперсионной среды использовалась дистиллированная вода. Эмульсии TWBSFL1÷5, CNaBSFL, LBSFL, MBSFL готовили путем растворения эмульгатора или биополимера в дистиллированной воде при 60 °C в течение 10 минут, с последующим введением предварительно расплавленного жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*). Далее смесь подвергали механической диспергации со скоростью 20 000 об/мин в течение 10 минут с помощью гомогенизатора DG-360, Stegler (Китай).

Растворы XG и XGBSFL были приготовлены растворением ксантановой камеди в дистиллированной воде при 80 °C. В раствор XG вводили жир личинок Черной львинки

(*Hermetia illucens*) и диспергировали при 20000 об/мин в течение 10 минут.

Растворы FA, FF и TW1÷4 готовили смешением активного компонента с дистиллированной водой при комнатной температуре.

Таблица 1

Обозначение растворов/эмульсий для обработки семян и их состав

Название эмульсии	Состав
H ₂ O	Дистиллированная вода
FA	Фульвовая кислота, 1 масс. %
TW1	Tween 20, 1 масс. %
TW5	Tween 20, 5 масс. %
TWBSFL1	Жир личинок Черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>), 1 масс. % Tween 20, 1 масс. %
TWBSFL2	Жир личинок Черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>), 2 масс. % Tween 20, 2 масс. %
TWBSFL3	Жир личинок Черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>), 3 масс. % Tween 20, 3 масс. %
TWBSFL4	Жир личинок Черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>), 4 масс. % Tween 20, 4 масс. %
TWBSFL5	Жир личинок Черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>), 5 масс. % Tween 20, 5 масс. %
FF	Рыбий жир, 1 масс. %
TWFF1	Рыбий жир, 1 масс. % Tween 20, 1 масс. %
CNaBSFL	Казеинат Na, 1 масс. % Жир личинок Черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>), 1 масс. %
LBSFL	Лецитин, 1 масс. % Жир личинок Черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>), 1 масс. %
XG	Ксантановая камедь, 0,3 масс. %
XGBSFL	Ксантановая камедь, 0,3 масс. % Жир личинок Черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>), 1 масс. %
MBSFL	Микроцеллюлоза, 1 масс. % Жир личинок Черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>), 1 масс. %

Семена в количестве 15 шт. выкладывали на подложку из фильтровальной бумаги в стерильной чашке Петри и заливали 9 мл одного из растворов, указанных в Таблице 1. Семена закрывали крышкой от чашки Петри и оставляли прорасти в течение 9 дней при комнатной температуре. Для каждого состава были выполнены три повторности.

Всхожесть семян определяли через 120 ч согласно уравнению:

$$X = \frac{n_{\text{проросших}}}{n_{\text{общее}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $n_{\text{проросших}}$ — количество проросших семян, $n_{\text{общее}}$ — общее количество семян.

Для определения энергии прорастания измеряли среднюю длину суммы проросших стеблей и корешков, которые сравнивали с образцами, обработанными H₂O через каждые 72 часа:

$$l_{\text{cp}} = \frac{l_1 + l_2 + l_n}{n} \quad (2)$$

$$X = \frac{l_{\text{cp}}}{l_{\text{cp}/\text{вода}}} \cdot 100\%, \quad (3),$$

где l_n — длина проросшего стебля и корешка, n — общее количество проросших стеблей и корешков, $l_{\text{cp}} / l_{\text{cp}/\text{вода}}$ — средняя длина проросших стеблей и корешков для исследуемых и контрольных образцов соответственно.

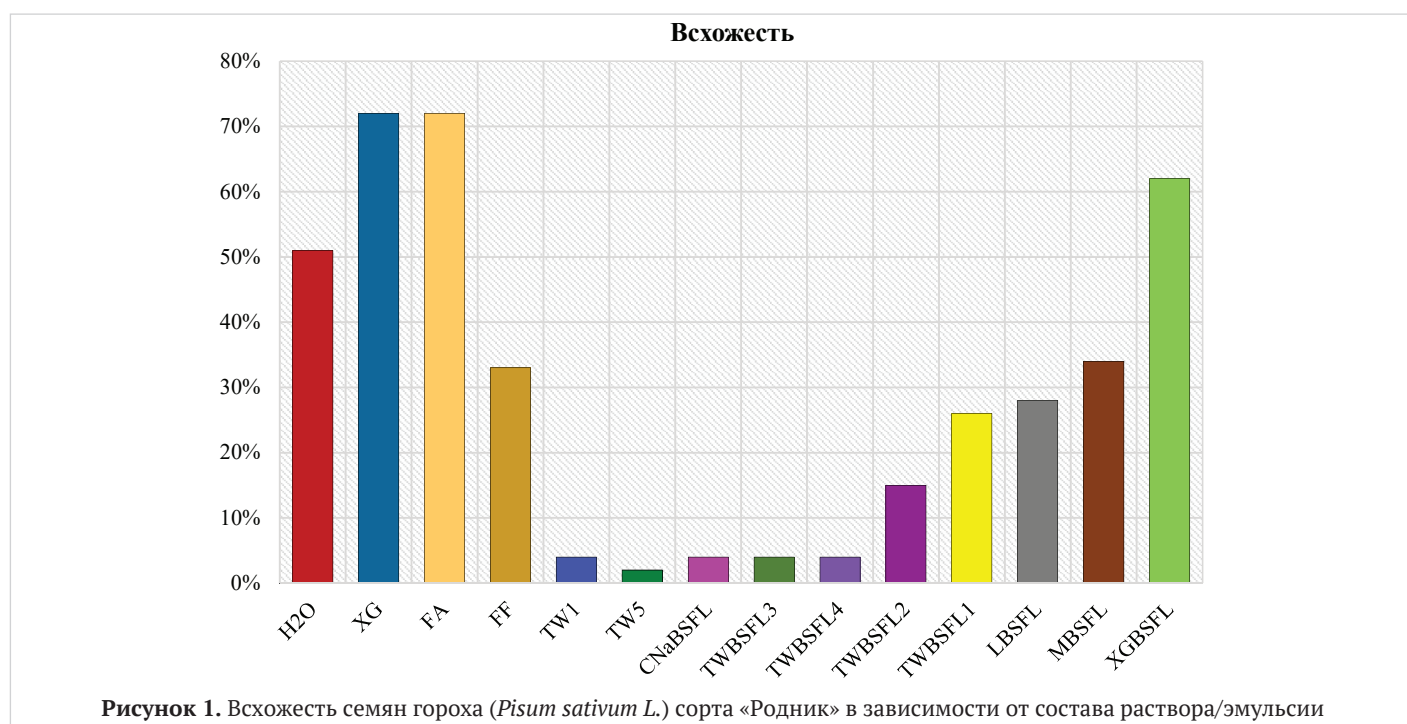
Энергию прорастания семян, обработанных исследуемыми составами, определяли относительно энергии прорастания контрольных образцов, обработанных дистиллированной водой.

В качестве образцов сравнения кроме дистиллированной воды были приготовлены растворы и эмульсии состава FA, TW1, TW5, FF, TWFF1, XG.

3. Результаты и обсуждение

На Рисунке 1 представлена всхожесть семян, рассчитанная по уравнению (1), в зависимости от состава раствора/эмульсии.

Семена, обработанные дистиллированной водой (H₂O), были использованы в качестве контроля. Составы FF, TW1, TW5, CNaBSFL, TWBSFL1, TWBSFL2, TWBSFL3, TWBSFL4,



LBSFL, MBSFL, XGBSFL ингибировали прорастание семян, значительно снижая их всхожесть по сравнению с контрольным образцом. Более того, применение составов TWBSFL5 и TWFF1 привело к полному подавлению прорастания семян гороха (*Pisum sativum* L.), поэтому эти данные не представлены на Рисунках 1–4. Подавление роста может быть связано с высокой концентрацией (5 масс.%) Tween 20, который обладает токсичностью по отношению к развивающимся клеткам живых организмов, стимулируя апоптоз (разрушение) клеток [19]. Более того, всхожесть семян, обработанных эмульсией жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) (TWBSFL5), была ниже, чем у семян, обработанных только раствором Tween 20 (TW5). Высокая концентрация жира насекомых (5 масс.%), а также наличие олеиновой и линолевой кислот в его составе, могут подавлять активность гормона гиббереллина, влияющего на рост и развитие растений [16]. С другой стороны, небольшая добавка (1–2 масс.%) жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) снизила негативное воздействие Tween 20 на прорастание семян.

Наиболее высокой способностью к прорастанию обладали семена, обработанные составами XG и FA. По результатам эксперимента, всхожесть семян, обработанных данными составами, была на 22% выше, чем у контрольного образца. Обработка семян составом XGBSFL привела к увеличению всхожести на 12%, по сравнению с контрольным образцом. Фульвовая кислота в небольших концентрациях (0,3–0,9 масс.%) может оказывать стимулирующее воздействие на всхожесть и рост растений за счет увеличения активности фермента амилазы, содержащейся в семенах растений [20]. Амилаза оказывает влияние на дыхание растений, что приводит к ускорению метаболизма растений.

Стимулирующий эффект ксантановой камеди, вероятно, связан с влагоудерживающими свойствами ее растворов [21]. Снижение испарения влаги приводит к более эффективному обеспечению семян водой в процессе прорастания. Тем не менее добавление жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) привело к снижению всхожести семян на 10%, по сравнению с раствором ксантановой камеди без добавления жира насекомых.

Все составы показали снижение энергии прорастания на третьи сутки, по сравнению с контрольным образцом (данные не представлены).

На Рисунке 2 изображена гистограмма энергии прорастания семян на шестые сутки эксперимента, рассчитанная согласно уравнениям (2 и 3), в зависимости от состава раствора/эмульсии.

На шестой день эксперимента энергия прорастания семян, обработанных XGBSFL и XG, превысила энергию прорастания семян контрольного образца на 26–30%. Ксантановая камедь, входящая в состав этих растворов, способствует более эффективному поглощению питательных веществ растениями и увеличивает биомассу растений [22,23]. Фульвовая кислота (FF) усилила энергию прорастания на 14%, по сравнению с контрольным образцом. Энергия прорастания семян, обработанных MBSFL, имела такой же показатель, что и у контрольного образца.

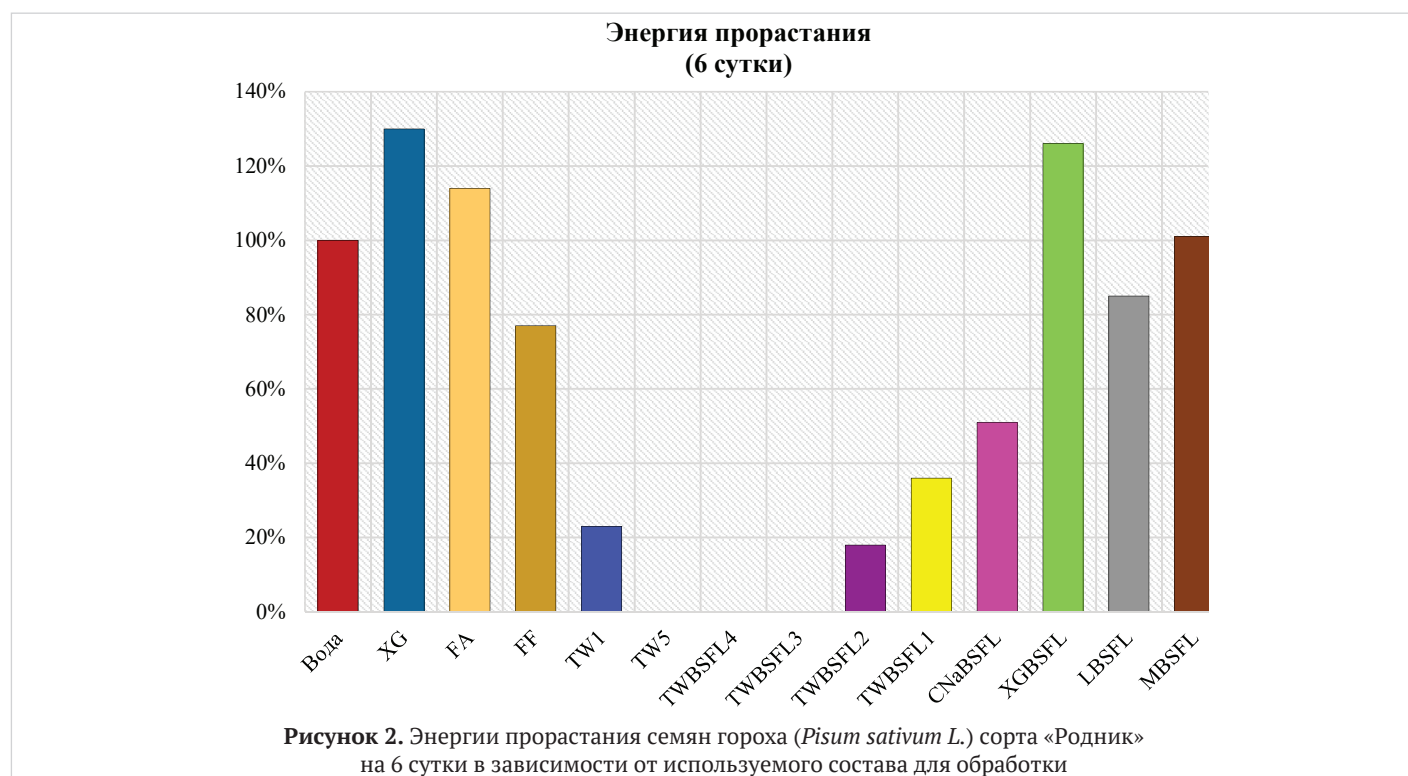
Все остальные составы показали ингибирование роста по сравнению с контрольным образцом.

На Рисунке 3 представлена гистограмма энергии прорастания семян на девятые сутки эксперимента, которая была рассчитана согласно уравнениям (2 и 3), в зависимости от состава раствора/эмульсии.

Обработка семян раствором, содержащим в своем составе ксантановую камедь, привела к увеличению энергии прорастания на 70%. Энергия прорастания семян, обработанных MBSFL, была выше контрольного образца на 10%. В работе [24] использование микроцеллюлозы в качестве связующего биополимера для гранулирования семян проса не оказало негативного влияния на всхожесть и энергию прорастания семян.

Все семена, обработанные растворами или эмульсиями, содержащими Tween 20, показали практически полное ингибирование роста. При этом выраженность эффекта зависела от концентрации Tween 20: энергия прорастания снижалась при увеличении его содержания в растворе/эмульсии для обработки семян.

Фульвовая кислота влияет на ключевые метаболические механизмы растений, увеличивая проницаемость клеток и поглощение ими питательных веществ [25]. В то же время



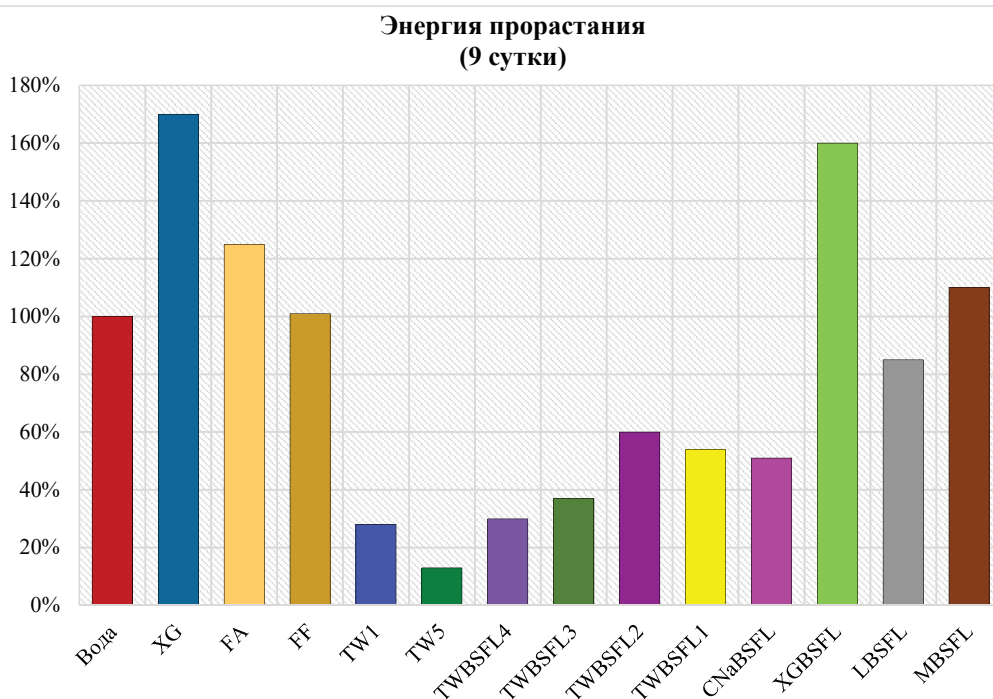


Рисунок 3. Энергии прорастания семян гороха (*Pisum sativum* L.) сорта «Родник» на 9 сутки в зависимости от используемого состава для обработки

фульвовая кислота содержит функциональные группы –ОН и –COOH, которые могут разрушать клеточную мембрану микроорганизмов [26]. В случае с семенами гороха (*Pisum sativum* L.) обработка 1 масс.% раствором фульвовой кислоты привела к увеличению энергии прорастания на 25%, по сравнению с контрольным образцом.

Эмульсии жира личинок Черной львинки и рыбьего жира с добавлением Tween 20 проявили ингибирующие свойства на всхожесть и развитие семян, снизив энергию прорастания до 0–18%. Выраженный ингибирующий эффект вероятнее всего связан с высокой концентрацией Tween 20 в составе эмульсии, который способен разрушать клеточную стенку семени, проявляя детергирующие свойства [19].

4. Заключение

В работе было определено влияние различных растворов и эмульсий на всхожесть и энергию прорастания семян го-

роха (*Pisum sativum* L.). Было установлено, что использование ксантановой камеди для проращивания семян приводит к увеличению всхожести и энергии прорастания семян на 25% и 70% соответственно. Добавка жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) несколько снижала стимулирующий эффект ксантановой камеди. Влияние ксантановой камеди на всхожесть и развитие семян было значительно выше по сравнению с фульвовой кислотой, которая является известным стимулятором роста растений.

С другой стороны, использование Tween 20 концентрацией 1–5 масс.% в качестве эмульгатора для жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*) привело к полному подавлению развития семян. Лецитин, казеинат натрия и микроцеллюлоза, использованные как эмульгаторы и стабилизаторы эмульсий жира личинок Черной львинки (*Hermetia illucens*), также привели к снижению всхожести и энергии прорастания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российский рынок гороха — тенденции и прогнозы. Электронный ре-сурс <https://agrovesti.net/lib/industries/beans/rossijskij-rynok-gorokha-tendentsii-i-prognozy.html> Дата доступа 30.10.2021
2. Давлетов, Ф. А. (2006). Влияние погодных условий на формирование урожая и качество зерна гороха. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*, 3, 24–25.
3. Li, Y., Gan, Y., Lupwayi, N., Hamel, C. (2019). Influence of introduced arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus sources on plant traits, soil properties, and rhizosphere microbial communities in organic legume-flax rotation. *Plant and Soil*, 443(1–2), 87–106. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04213-8>
4. Bai, L.-Y., Zeng, X.-B., Li, L.-F., Pen, C., Li, S.-H. (2010). Effects of land use on heavy metal accumulation in soils and sources analysis. *Agricultural Sciences in China*, 9(11), 1650–1658. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60262-5](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60262-5)
5. Borrelli, L., Varriale, L., Dipineto, L., Pace, A., Menna, L. F., Fioretti, A. (2021). Insect derived lauric acid as promising alternative strategy to antibiotics in the antimicrobial resistance scenario. *Frontiers in Microbiology*, 12, Article 620798. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.620798>
6. Matthäus, B., Piofczyk, T., Katz, H., Pudiel, F. (2019). Renewable resources from insects: Exploitation, properties, and refining of fat obtained by cold-pressing from hermetia illucens (black soldier fly) larvae. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(7), Article 1800376. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800376>
7. Kitahara, T., Aoyama, Y., Hirakata, Y., Kamiyama, S., Kohno, S., Ichikawa, N. et al. (2006). In vitro activity of lauric acid or myristylamine in combination with six antimicrobial agents against methicillin-resistant staphylococcus aureus (MRSA). *International Journal of Antimicrobial Agents*, 27(1), 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2005.08.020>
8. Basu, S., Luthra, J., Nigam, K. D. P. (2002). The effects of surfactants on adhesion, spreading, and retention of herbicide droplet on the surface of the leaves and seeds. *Journal of Environmental Science and Health — Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 37(4), 331–344. <https://doi.org/10.1081/pfc-120004474>
9. Arechabala, B., Coiffard, C., Rivalland, P., L. J. M. Coiffard, L. J. M., de Roeck-Holtzhauer, Y. (1999). Comparison of cytotoxicity of various surfactants tested on normal human fibroblast cultures using the neutral red test, MTT assay and LDH release. *Journal of Applied Toxicology*, 19(3), 163–165. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1263\(199905/06\)19:3.0.co;2-h](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1263(199905/06)19:3.0.co;2-h)
10. Hurtt, W., Hodgson, R. H. (1987). Effects of nonionic surfactants, temperature, and light on germination of weed seeds. *Weed Science*, 35(1), 52–57. <https://doi.org/10.1017/s0043174500026771>
11. Jolly, M., Vidal, R., Marchand, P. A. (2018). Lecithins: a food additive valuable for antifungal crop protection. *International Journal of Economic Plants*, 5(3), 104–107. <http://dx.doi.org/10.23910/ijep/2018.5.3.0243>
12. Patil, S. V., Salunke, B. K., Patil, C. D., Salunkhe, R. B. (2011). Studies on amendment of different biopolymers in sandy loam and their effect on

- germination, seedling growth of gossypium herbaceum L. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 163(6), 780–791. <https://doi.org/10.1007/s12010-010-9082-1>
13. Bhardwaj, A, Verma, S.C., Bharat, N. K., Thakur, M. (2013). Effect of vegetable oil seed treatment on seed mycoflora of pea, *Pisum sativum* L. *International Journal of Farm Sciences*, 3(2), 46–51.
 14. Hall, J. S., Harman, G. E. (1991). Efficacy of oil treatments of legume seeds for control of aspergillus and zabrotes. *Crop Protection*, 10(4), 315–319. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(91\)90012-G](https://doi.org/10.1016/0261-2194(91)90012-G)
 15. Singh, S. R., Luse, R. A., Leuschner, K., Nangju, D. (1978). Groundnut oil treatment for the control of callosobruchus maculatus (F.) during cowpea storage. *Journal of Stored Products Research*, 14(2–3), 77–80. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(78\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0022-474X(78)90001-2)
 16. Klein, J. D., Hebbe, Y. (1995). Effect of the treatment of wheat seeds with vegetable oils on germination and emergence. *Experimental Agriculture*, 31(3), 291–298. <https://doi.org/10.1017/S0014479700025461>
 17. Saied, H. (2019). Effect of spraying fish oil and glutathione on fruiting of ewaise mango trees grown under sandy soil. *Hortscience Journal of Suez Canal University*, 8(1), 95–108. <https://doi.org/10.21608/hjsc.2019.69701>
 18. Martins De Lima-Salgado, T., Coccuzzo Sampaio, S., Fernanda Cury-Boaventura, M., Curi, R. (2011). Modulatory effect of fatty acids on fungicidal activity, respiratory burst and TNF- α and IL-6 production in J774 murine macrophages. *British Journal of Nutrition*, 105(8), 1173–1179. <https://doi.org/10.1017/S0007114510004873>
 19. Eskandani, M., Hamishehkar, H., Dolatabadi, J.E.N. (2013). Cyto/Genotoxicity study of polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate (Tween 20). *DNA and Cell Biology*, 32(9), 498–503. <https://doi.org/10.1089/dna.2013.2059>
 20. Qin, Y., Zhu, H., Zhang, M., Zhang, H., Xiang, C., Li, B. (2016). GC–MS analysis of membrane-graded fulvic acid and its activity on promoting wheat seed germination. *Molecules*, 21(10), Article 1363. <https://doi.org/10.3390/molecules21101363>
 21. Jain, R., Babbar, S. B. (2006). Xanthan gum: An economical substitute for agar in plant tissue culture media. *Plant Cell Reports*, 25(2), 81–84., <https://doi.org/10.1007/s00299-005-0039-8>
 22. Coelho, N, Filipe A., Medronho, B., Magalhães, S., Vitorino, C., Alves, L. et al. (2021). Rheological and Microstructural Features of Plant Culture Media Doped with Biopolymers: Influence on the Growth and Physiological Responses of In Vitro-Grown Shoots of Thymus lotocephalus. *Polysaccharides*, 2(2), 538–553. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2020032>
 23. Liu, Y., Zhu, Y., Wang, Y., Quan, Z., Zong, L., Wang, A. (2021). Synthesis and application of eco-friendly superabsorbent composites based on xanthan gum and semi-coke. *International Journal of Biological Macromolecules*, 179, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.03.007>
 24. Peske, F. B., Novembre, A. D. L. C. (2011). Pearl millet seed pelleting. [Peletização de Sementes de Milheto] *Revista Brasileira De Sementes*, 33(2), 352–362. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000200018>
 25. Priya, B.N.V., Mahavishnan, K., Gurumurthy, D.S., Bindumadhava, H., Upadhyay, A.P., Sharma, N.K. (2014). Fulvic Acid (FA) for Enhanced Nutrient Uptake and Growth: Insights from Biochemical and Genomic Studies. *Journal of Crop Improvement*, 28(6), 740–757. <https://doi.org/10.1080/15427528.2014.923084>
 26. Wu, M., Song, M., Liu, M., Jiang, C., Li, Z. (2016). Fungicidal activities of soil humic/fulvic acids as related to their chemical structures in greenhouse vegetable fields with cultivation chronosequence. *Scientific Reports*, 6, Article 32858. <https://doi.org/10.1038/srep32858>

REFERENCES

1. The Russian pea market — trends and forecasts. Retrieved from <https://agrovesti.net/lib/industries/beans/rossijskij-rynok-gorokha-tendentsii-i-prognozy.html> Accessed October 30, 2021 (In Russian)
2. Davletov, F.A. (2006). The influence of weather conditions on the formation of the crop and the quality of pea grain. *Vestnik of the Russian agricultural sciences*, 3, 24–25. (In Russian)
3. Li, Y., Gan, Y., Lupwayi, N., Hamel, C. (2019). Influence of introduced arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus sources on plant traits, soil properties, and rhizosphere microbial communities in organic legume-flax rotation. *Plant and Soil*, 443(1–2), 87–106. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04213-8>
4. Bai, L. -Y., Zeng, X. -B., Li, L. -F., Pen, C., Li, S. -H. (2010). Effects of land use on heavy metal accumulation in soils and sources analysis. *Agricultural Sciences in China*, 9(11), 1650–1658. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60262-5](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60262-5)
5. Borrelli, L., Varriale, L., Dipineto, L., Pace, A., Menna, L. F., Fioretti, A. (2021). Insect derived lauric acid as promising alternative strategy to antibiotics in the antimicrobial resistance scenario. *Frontiers in Microbiology*, 12, Article 620798. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.620798>
6. Matthäus, B., Piofczyk, B., Katz, H., Pudiel, F. (2019). Renewable resources from insects: Exploitation, properties, and refining of fat obtained by cold-pressing from hermetia illucens (black soldier fly) larvae. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(7), Article 1800376. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800376>
7. Kitahara, T., Aoyama, Y., Hirakata, Y., Kamihira, S., Kohno, S., Ichikawa, N. et al. (2006). In vitro activity of lauric acid or myristylamine in combination with six antimicrobial agents against methicillin-resistant staphylococcus aureus (MRSA). *International Journal of Antimicrobial Agents*, 27(1), 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2005.08.020>
8. Basu, S., Luthra, J., Nigam, K. D. P. (2002). The effects of surfactants on adhesion, spreading, and retention of herbicide droplet on the surface of the leaves and seeds. *Journal of Environmental Science and Health — Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 37(4), 331–344. <https://doi.org/10.1081/pfc-120004474>
9. Arechabala, B., Coiffard, C., Rivalland, P., L. J. M. Coiffard, L.J.M., de Roock-Holtzhauer, Y. (1999). Comparison of cytotoxicity of various surfactants tested on normal human fibroblast cultures using the neutral red test, MTT assay and LDH release. *Journal of Applied Toxicology*, 19(3), 163–165. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1263\(199905/06\)19:3<163::aid-jto10026771>3.0.co;2-h](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1263(199905/06)19:3<163::aid-jto10026771>3.0.co;2-h)
10. Hurtt, W., Hodgson, R. H. (1987). Effects of nonionic surfactants, temperature, and light on germination of weed seeds. *Weed Science*, 35(1), 52–57. <https://doi.org/10.1017/s0043174500026771>
11. Jolly, M., Vidal, R., Marchand, P. A. (2018). Lecithins: a food additive valuable for antifungal crop protection. *International Journal of Economic Plants*, 5(3), 104–107. <http://dx.doi.org/10.23910/ijep/2018.5.3.0243>
12. Patil, S. V., Salunke, B. K., Patil, C. D., Salunkhe, R. B. (2011). Studies on amendment of different biopolymers in sandy loam and their effect on germination, seedling growth of gossypium herbaceum L. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 163(6), 780–791. <https://doi.org/10.1007/s12010-010-9082-1>
13. Bhardwaj, A, Verma, S.C., Bharat, N. K., Thakur, M. (2013). Effect of vegetable oil seed treatment on seed mycoflora of pea, *Pisum sativum* L. *International Journal of Farm Sciences*, 3(2), 46–51.
14. Hall, J. S., Harman, G. E. (1991). Efficacy of oil treatments of legume seeds for control of aspergillus and zabrotes. *Crop Protection*, 10(4), 315–319. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(91\)90012-G](https://doi.org/10.1016/0261-2194(91)90012-G)
15. Singh, S. R., Luse, R. A., Leuschner, K., Nangju, D. (1978). Groundnut oil treatment for the control of callosobruchus maculatus (F.) during cowpea storage. *Journal of Stored Products Research*, 14(2–3), 77–80. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(78\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0022-474X(78)90001-2)
16. Klein, J. D., Hebbe, Y. (1995). Effect of the treatment of wheat seeds with vegetable oils on germination and emergence. *Experimental Agriculture*, 31(3), 291–298. <https://doi.org/10.1017/S0014479700025461>
17. Saied, H. (2019). Effect of spraying fish oil and glutathione on fruiting of ewaise mango trees grown under sandy soil. *Hortscience Journal of Suez Canal University*, 8(1), 95–108. <https://doi.org/10.21608/hjsc.2019.69701>
18. Martins De Lima-Salgado, T., Coccuzzo Sampaio, S., Fernanda Cury-Boaventura, M., Curi, R. (2011). Modulatory effect of fatty acids on fungicidal activity, respiratory burst and TNF- α and IL-6 production in J774 murine macrophages. *British Journal of Nutrition*, 105(8), 1173–1179. <https://doi.org/10.1017/S0007114510004873>
19. Eskandani, M., Hamishehkar, H., Dolatabadi, J.E.N. (2013). Cyto/Genotoxicity study of polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate (Tween 20). *DNA and Cell Biology*, 32(9), 498–503. <https://doi.org/10.1089/dna.2013.2059>
20. Qin, Y., Zhu, H., Zhang, M., Zhang, H., Xiang, C., Li, B. (2016). GC–MS analysis of membrane-graded fulvic acid and its activity on promoting wheat seed germination. *Molecules*, 21(10), Article 1363. <https://doi.org/10.3390/molecules21101363>
21. Jain, R., Babbar, S. B. (2006). Xanthan gum: An economical substitute for agar in plant tissue culture media. *Plant Cell Reports*, 25(2), 81–84., <https://doi.org/10.1007/s00299-005-0039-8>
22. Coelho, N, Filipe A., Medronho, B., Magalhães, S., Vitorino, C., Alves, L. et al. (2021). Rheological and Microstructural Features of Plant Culture Media Doped with Biopolymers: Influence on the Growth and Physiological Responses of In Vitro-Grown Shoots of Thymus lotocephalus. *Polysaccharides*, 2(2), 538–553. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2020032>
23. Liu, Y., Zhu, Y., Wang, Y., Quan, Z., Zong, L., Wang, A. (2021). Synthesis and application of eco-friendly superabsorbent composites based on xanthan gum and semi-coke. *International Journal of Biological Macromolecules*, 179, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.03.007>
24. Peske, F. B., Novembre, A. D. L. C. (2011). Pearl millet seed pelleting. [Peletização de Sementes de Milheto] *Revista Brasileira De Sementes*, 33(2), 352–362. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000200018>
25. Priya, B.N.V., Mahavishnan, K., Gurumurthy, D.S., Bindumadhava, H., Upadhyay, A.P., Sharma, N.K. (2014). Fulvic Acid (FA) for Enhanced Nutrient Uptake and Growth: Insights from Biochemical and Genomic Studies. *Journal of Crop Improvement*, 28(6), 740–757. <https://doi.org/10.1080/15427528.2014.923084>
26. Wu, M., Song, M., Liu, M., Jiang, C., Li, Z. (2016). Fungicidal activities of soil humic/fulvic acids as related to their chemical structures in greenhouse vegetable fields with cultivation chronosequence. *Scientific Reports*, 6, Article 32858. <https://doi.org/10.1038/srep32858>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Рубан Альбина Алексеевна — лаборант-исследователь, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7-931-252-83-55 E-mail: albinaruban98@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9289-4010 * автор для контактов</p>	<p>Albina A. Ruban, Laboratory assistant-researcher, All-Russian Research Institute for Food Additives 55, Liteiny pr., 191014, St. Petersburg, Russia Tel.: +7-931-252-83-55 E-mail: albinaruban98@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9289-4010 * corresponding author</p>
<p>Новикова (Захарова) Мария Вячеславовна — кандидат технических наук, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7-812-273-41-08 E-mail: mariazakharova@bk.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4195-0649</p>	<p>Mariia V. Novikova (Zakharova), Candidate of Technical Sciences, Research Senior, All-Russian Research Institute for Food Additives 55, Liteiny pr., 191014, St. Petersburg, Russia Tel.: +7-812-273-41-08 E-mail: mariazakharova@bk.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4195-0649</p>
<p>Лоскутов Святослав Игоревич — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7-812-273-41-08 E-mail: spbsl21@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8102-2900</p>	<p>Svyatoslav I. Loskutov, Candidate of Agricultural Sciences, Research Fellow, All-Russian Research Institute for Food Additives 55, Liteiny pr., 191014, St. Petersburg, Russia Tel.: +7-812-273-41-08 E-mail: spbsl21@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8102-2900</p>
<p>Костин Антон Алексеевич — кандидат химических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7-812-273-41-08 E-mail: egresso@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4978-514X</p>	<p>Anton A. Kostin, Candidate of Chemical Sciences, Research Senior, All-Russian Research Institute for Food Additives 55, Liteiny pr., 191014, St. Petersburg, Russia Tel.: +7-812-273-41-08 E-mail: egresso@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4978-514X</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>